

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

**EP 0 706 838 A1**

(12)

## DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:  
17.04.1996 Bulletin 1996/16

(51) Int Cl.<sup>6</sup>: **B07C 5/342**

(21) Numéro de dépôt: **95430008.3**

(22) Date de dépôt: **11.10.1995**

(84) Etats contractants désignés:  
**AT BE CH DE ES FR GB IT LI NL**

(30) Priorité: **12.10.1994 FR 9412436**

(71) Demandeurs:  
• **PELLENC (Société Anonyme)**  
F-84120 Pertuis (FR)  
• **S.I.T.A.**  
F-75009 Paris (FR)

(72) Inventeurs:  
• **Bourelly, Antoine**  
F-84240 La Tour d'Aigues (FR)

- **Caubel, Frédéric**  
F-34140 Bouzigues (FR)
- **Balerin, Sylvain**  
F-34750 Villeneuve les Maguelonne (FR)
- **Van der Kerkhove, Jean-Marc**  
F-78000 Versailles (FR)
- **Rousseau, Caroline**  
F-78000 Versailles (FR)
- **Guignier, Antoine**  
F-75013 Paris (FR)
- **Renaud, Patricia**  
F-78230 Le Pecq (FR)
- **Masson, Florent**  
F-39300 Sapols (FR)

(74) Mandataire: **Marek, Pierre**  
28 & 32 rue de la Loge  
F-13002 Marseille (FR)

### (54) Machine et procédé pour le tri d'objets divers à l'aide d'au moins un bras robotisé

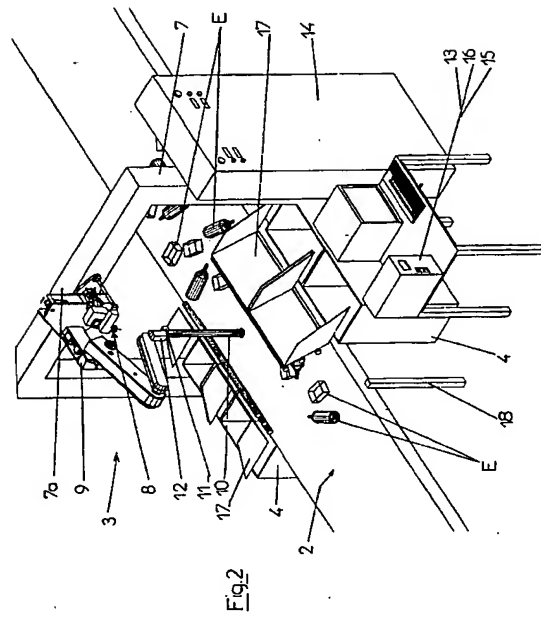
(57) Machine à flux planaire pour le tri automatique d'objets divers, comportant des moyens de transport (2) permettant d'acheminer lesdits objets (E) d'un poste d'alimentation où ces derniers sont déversés en vrac, jusqu'à au moins un poste de tri robotisé (3), où ils sont répartis dans des réceptacles appropriés (4), ce poste de tri robotisé (3) comprenant :

- au moins un bras de robot (9) muni d'un organe de préhension (10) ;
- un système de vision artificielle (8) permettant la localisation des objets et la reconnaissance partielle

de leur nature ;

- au moins un capteur complémentaire (12) permettant de compléter l'identification des objets par la reconnaissance de leur matériau constitutif ;
- des moyens (15) de traitement des informations fournies par le système de vision (8) et par le capteur complémentaire (12) et des moyens (16) permettant le pilotage du bras robotisé (9) assurant l'extraction sélective des objets et leur dépose dans un réceptacle approprié (4).

**EP 0 706 838 A1**



## Description

L'invention concerne une machine et un procédé pour le tri d'objets divers, à l'aide d'au moins un bras robotisé, cette machine pouvant comporter avantageusement une pluralité de bras robotisés disposés les uns à la suite des autres.

L'invention a pour but d'automatiser entièrement le tri d'objets hétérogènes divers, dont la conformation, le poids et l'encombrement peuvent varier de manière très sensible.

Selon un exemple d'application très intéressant, l'invention peut être avantageusement mise en oeuvre pour effectuer le tri automatique, notamment en vue de leur recyclage, des emballages mis au rebut et faisant partie des ordures ménagères et de déchets assimilés, tels que les bouteilles ou flacons en verre, les récipients en matières plastiques diverses telles que PVC (polychlorure de vinyle), PET (polyester téréphtalate), PEHD (polyéthylène haute densité), les briques alimentaires en matériaux mélangés ou en carton, les emballages métalliques, etc, dont le poids peut varier de 10 grammes à 1000 grammes et qui sont amenés en vrac, en proportions variables, sur les sites de tri.

Dans cette application, le flux des déchets d'emballages ménagers à trier est, par exemple, issu d'ordures ménagères pour lesquelles un premier tri a été opéré, soit directement à la collecte, soit lors de tris antérieurs, selon des procédés connus, afin d'éliminer les produits organiques et les papiers.

Pour trier un ensemble d'objets hétérogènes tels qu'un flux de déchets d'emballages ménagers, on applique encore souvent la solution du tri manuel. C'est une opération très exigeante en main d'oeuvre, qui donne des résultats d'une qualité souvent insuffisante (qui peut être vérifiée par le fait que les entreprises de recyclage procèdent toujours à un tri complémentaire d'affinage), et implique des conditions de travail difficiles pour les exécutants.

Il existe un certain nombre de machines de tri des déchets d'emballages ménagers, mais ces machines sont, à ce jour, essentiellement utilisées après une première opération de tri, généralement manuelle, afin d'éliminer les impuretés restantes dans un flux par ailleurs homogène.

Ces machines peuvent être classées en deux groupes :

- A - Les machines de tri automatisé, qui consistent à séparer les objets, afin de les faire défiler devant des détecteurs appropriés, puis à les éjecter sélectivement au moyen de buses pneumatiques, dans des bacs particuliers. Une machine de ce genre, est, par exemple, décrite dans les documents WO-A-92/07332, et WO-A-92/01272.

Dans la plupart des systèmes de ce type, les objets sont d'abord mis en flux linéaire, puis passent ainsi individuellement devant des détecteurs qui commandent ou non des systèmes d'éjection.

Dans certains autres cas, les objets sont répartis sur un convoyeur, sans être alignés, et soumis au même type de détecteurs que ci-dessus, mais répartis dans le plan. L'éjection peut aussi se faire par buses.

Ces machines ont notamment pour inconvénients :

- de ne pas permettre de trier des groupes d'objets constitués de matériaux différents en contact les uns avec les autres, de sorte qu'il est indispensable de disposer d'une machine d'égrenage permettant de singulariser les objets, en amont de la machine de tri;
- on conçoit qu'il en résulte une augmentation de l'encombrement de la machine de tri ;
- de ne pas être modulable, c'est-à-dire de ne pas permettre l'adjonction de modules de tri à une machine existante, par exemple, pour augmenter ou modifier sa capacité de traitement.

- B - Les machines de tri robotisé, destinées à éviter que les opérateurs manuels aient des contacts directs avec les objets à trier, pour des raisons d'hygiène et de sécurité.

Ces machines sont généralement adaptées à une seule catégorie de déchets, et sont toujours commandées par un opérateur.

On connaît, par exemple, un robot de tri des déchets hospitaliers, qui permet d'éviter la contamination des opérateurs. Il s'agit d'un bras de robot dont les mouvements sont calculés dans un repère cartésien, fonctionnant en mode télécommandé par un opérateur. Ce système de tri ne comprend pas de reconnaissance ni de localisation automatique des déchets, et opère sur des sacs entiers.

On connaît aussi un robot destiné à trier les briques alimentaires et certaines bouteilles plastiques, mais ce système de tri est également commandé par un opérateur, par l'intermédiaire d'un écran digital.

A ce jour, aucune des machines susmentionnées ne constitue une solution globale très satisfaisante au tri des emballages ménagers mis au rebut, mélangés en proportions quelconques.

La présente invention a pour objectif de créer une machine et un procédé de tri entièrement automatique d'objets hétérogènes se présentant en vrac sur une bande transporteuse et qui ne soient pas affectés des insuffisances ou inconvénients précédemment soulignés, des machines et méthodes de tri connues.

Selon l'invention, ce but est atteint grâce à une machine de tri à flux planaire, comportant des moyens de transport permettant d'acheminer lesdits objets d'un poste d'alimentation où ces derniers sont déversés en vrac, jusqu'à au moins un poste de tri robotisé, où ils sont répartis dans des conteneurs appropriés, cette machine étant notamment remarquable en ce que ce poste de tri robotisé comprend :

- au moins un bras de robot muni d'un organe de

- préhension ;
- un système de vision artificielle permettant de localiser les objets en déplacement et de reconnaître partiellement leur nature ;
- au moins un système de détection complémentaire comprenant au moins un capteur permettant de compléter l'identification des objets par la reconnaissance de leur matériau constitutif ;
- des moyens de traitement des informations de localisation et d'identification fournies par le système de vision et par le système de détection complémentaire, et des moyens permettant le pilotage du bras robotisé assurant l'extraction sélective des objets localisés et identifiés, et leur dépose dans un bac approprié.

Le procédé et la machine de tri automatique selon l'invention permettent de rentabiliser le recyclage des déchets d'emballages ménagers qui est actuellement très peu pratiqué ; en effet, la seule solution pratique présentant mise en oeuvre pour un ensemble de déchets hétérogènes, est le tri manuel.

La rentabilité apportée par l'invention par rapport au tri manuel est liée aux facteurs suivants :

- l'automatisation totale du tri permet d'envisager de faire tourner les équipements en 2 X 8 heures, ou en 3 X 8 heures.

Compte tenu du fait que la main d'oeuvre est actuellement le poste le plus coûteux dans l'opération de tri, cela permet de mieux amortir l'ensemble de

l'installation de tri qui comprend notamment : le poste de tri, les postes d'amenée et d'évacuation des produits, les bâtiments ;

- la qualité de tri est meilleure et, surtout, a une meilleure répétabilité ; le tri d'affinage avant recyclage n'est alors plus nécessaire (alors qu'il est pratiqué actuellement pour pallier les erreurs humaines inévitables en tri manuel, surtout lors du tri de bouteilles fabriquées dans des matières plastiques différentes) ;
- le coût des postes de tri est réduit grâce à leur grande simplicité de construction ;
- les contraintes sanitaires et la pénibilité du travail impliquées par l'intervention d'opérateurs manuels dans le tri, sont supprimées.

En outre, par rapport aux systèmes de tri automatique existants, la mise en oeuvre de la machine et du procédé selon l'invention, procure notamment les avantages importants ci-après :

- La possibilité de trier des groupes d'objets constitués de matériaux différents et se trouvant en contact les uns avec les autres ; selon l'invention, ces objets peuvent être pris et triés individuellement. Le

système de vision artificielle permet d'isoler un objet dans un groupe d'objets en contact les uns avec les autres. Le bras automatisé ayant trié cet objet, le système de vision peut, par un processus itératif, trier de même les objets restant dans le groupe. Cette fonction, appelée "dégrappage", permet d'optimiser le tri.

- Un encombrement plus faible que celui des systèmes de tri conçus à ce jour. Ceci est dû à l'intégration, dans un seul poste de travail, de toutes les étapes importantes de tri : localisation des objets, préhension individuelle de ceux-ci, reconnaissance du matériau, et dépose dans le bac approprié, alors que, dans les systèmes connus, ces étapes sont réalisées en série par des dispositifs différents, chacun ajoutant son propre encombrement. Pour une capacité de traitement égale à celle de ces systèmes, la présente invention peut utiliser une pluralité de postes de tri robotisés, mais l'encombrement total de la machine revendiquée demeure inférieur à celui desdits systèmes.
- Une modularité découlant de sa conception sous forme de cellules de tri indépendantes qu'il est relativement facile d'ajouter les unes à la suite des autres.

La modularité et l'encombrement réduit permettent une mise en oeuvre progressive réduisant ainsi l'investissement.

Les buts, caractéristiques et avantages ci-dessus et d'autres encore, ressortiront mieux de la description qui suit et des dessins annexés dans lesquels :

La figure 1 est une vue schématique d'une machine selon l'invention comportant une pluralité de postes de tri robotisés.

La figure 2 est une vue en perspective et à caractère schématique, d'un poste de tri robotisé individuel.

La figure 3 illustre, par une vue en coupe longitudinale, un mode d'exécution très intéressant du système de détection complémentaire, selon lequel ledit système est embarqué à l'intérieur du préhenseur du bras robotisé, le système étant représenté dans sa position précédant la saisie d'un objet.

La figure 4 est une vue analogue à la figure 3 et montrant le système de détection complémentaire dans sa position résultant de la saisie dudit objet.

On se reporte auxdits dessins pour décrire un exemple intéressant, bien que nullement limitatif, de réalisation de la machine et de mise en oeuvre du procédé selon l'invention.

Cette machine comprend principalement (figure 1) :

- un alimentateur 1 connu en soi, par exemple constitué par une trémie comportant un tapis de chargement 1a qui peut être formé par un convoyeur à bande sans fin ;
- une bande transporteuse 2 qui peut être avantageusement constituée par un transporteur à bande sans

fin et sur l'extrémité de chargement de laquelle les objets à trier sont déversés, en vrac monocouche, par l'alimentateur 1 ;

- au moins un poste de tri robotisé 3 disposé sur le parcours du brin actif de la bande transporteuse 2 ; toutefois, de manière avantageuse, la machine comporte une pluralité de postes de tri (par exemple, cinq à sept postes de tri robotisé 3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f,...) disposés les uns à la suite des autres le long de la bande transporteuse 2, de préférence à intervalles réguliers ;
- un ensemble de réceptacles de stockage 4, pour la réception des matériaux triés, disposés de chaque côté et le long de la bande transporteuse 2, à proximité du poste ou des postes de tri ; l'ensemble des réceptacles comprend également un réceptacle de rebut 4a, par exemple disposé à proximité de l'extrémité de sortie de la bande transporteuse ; les réceptacles 4 et 4a peuvent être constitués par des bacs de grande contenance, exécutés en matière plastique rigide ou autres matériaux présentant la rigidité et la robustesse souhaitables ;
- un module de supervision 5 commandant le poste de tri robotisé ou l'ensemble de la ligne des postes de tri robotisé.

La bande transporteuse 2 peut être entraînée par des moyens connus en soi, soit à vitesse constante, soit à vitesse variable contrôlée, soit avec des arrêts intermittents. Elle peut être formée en continu, ou constituée de plusieurs tronçons successifs indépendants. Dans tous les cas, le poste de tri robotisé ou chaque poste de tri robotisé doit au moins connaître la loi de mouvement de la bande. Cette loi de mouvement est contrôlée par le module de supervision ou superviseur 5 qui comprend un ordinateur ou automate programmable qui reçoit des informations en provenance du tapis ou bande transporteuse 2 (mesure de la vitesse) en fonction du taux d'occupation des robots de la ligne et agit sur le ou les moteurs d'entraînement 6 de ladite bande.

Autrement dit, la bande transporteuse 2 peut être avantageusement asservie au fonctionnement du poste de tri robotisé, de façon à optimiser la cadence du tri, la vitesse de déplacement de ladite bande transporteuse étant accélérée lorsque le système de vision du poste de tri robotisé ne décèle plus ou que très peu d'objets, ou, au contraire, ralentie lorsque les objets transportés par la bande sont nombreux.

L'avantage de cette gestion est d'adapter automatiquement le flux des déchets à la capacité de traitement de l'ensemble des robots d'une même ligne. Par exemple, dans un but de simplicité et de fiabilité, on peut modifier cette vitesse à des intervalles de temps discrets, au lieu de la faire évoluer en continu. La loi de mouvement de la bande est alors constituée de paliers de vitesse successifs.

Le mode de déplacement à arrêts intermittents consiste à faire travailler les robots sur la bande à l'arrêt, ce

qui simplifie et facilite l'accostage des objets localisés. La bande n'est activée que par instants, de façon à vider les objets restants devant partir en bout de chaîne jusqu'au réceptacle de rebut 4a, et à recharger simultanément un lot d'objets nouveaux à trier.

Chaque poste de tri robotisé 3 comprend les éléments constitutifs ci-après (figure 2) :

- un portique 7 enjambant la bande transporteuse 2 et supportant les différents équipements disposés au dessus de cette dernière ;
- un système de vision artificielle permettant la localisation des objets et la reconnaissance partielle de leur matériau constitutif, ce système de vision, désigné dans son ensemble par la référence 8, comprenant son éclairage spécifique, une caméra, de préférence une caméra couleur, et un système électronique d'acquisition ; ce système de vision artificielle est capable de localiser les objets, de reconnaître leurs caractéristiques visuelles, de les trier en fonction de celles-ci et, surtout, de réaliser toutes ces opérations sur des objets mal individualisés, c'est-à-dire se trouvant en contact les uns avec les autres ;
- un bras robotisé 9 à géométrie variable et à au moins trois degrés de liberté, par exemple à structure sphérique, dont la particularité est que le foyer de la caméra du système de vision 8 se trouve disposé fixement au centre du repère sphérique du robot ; un tel bras robotisé articulé ou manipulateur à coordonnées sphériques (deux rotations concourantes et une translation vers l'objet à saisir) possédant un système de vision fixe en son centre, étant décrit dans le document EP-A-0270469 ; le bras robotisé 9 et le système de vision 8 sont portés par la poutre horizontale 7a du portique 7 disposée au-dessus de la bande transporteuse 2. De manière préférée, le bras robotisé est centré par rapport à l'axe de défilement de la bande transporteuse 2 ;
- un préhenseur 10 constitué par l'extrémité libre réalisée sous forme de trompe, du bras robotisé et permettant de saisir les objets localisés par le système de vision 8, c'est-à-dire l'un quelconque des objets déposés sur la bande transporteuse 2, dans toutes les positions accessibles au bras robotisé 9 ; ce préhenseur est, par exemple, formé par un dispositif pneumatique fonctionnant en aspiration (ventouse) et/ou en soufflage ; ce dispositif, connu en soi, permet de saisir un objet préalablement identifié, par aspiration, et ensuite de l'éjecter, par soufflage, dans le réceptacle approprié 4, en fonction de sa nature ;
- au moins un capteur 11, monté sur le bras robotisé 9, permettant de contrôler la saisie correcte des objets par le préhenseur 10 ; il peut s'agir, par exemple, d'un capteur de dépression monté sur le circuit d'aspiration ;
- au moins un système de détection complémentaire 12 comportant au moins un capteur permettant la

confirmation de la nature des matériaux des objets saisis par le préhenseur 10, par exemple un capteur permettant d'analyser les spectres électromagnétiques spécifiques émis par les différents matériaux constitutifs desdits objets (dans le domaine proche de l'infrarouge, ultraviolet, ou rayons X, etc.), ou un capteur apte à détecter la présence de métaux, ou un capteur apte à mesurer le poids des objets : ce système de détection complémentaire peut être ou ne pas être embarqué sur le robot ;

- une armoire de commande 13 permettant de contrôler le système de vision 8, le bras robotisé 9, le préhenseur 10 et les capteurs 11 et 12 ;
- une armoire de puissance 14 renfermant les circuits de commande et les circuits de puissance, cette armoire fournissant l'énergie électrique au système de vision 8, au bras robotisé 9, au préhenseur 10 et aux capteurs 11 et 12 ;
- un module logiciel 15 permettant le traitement des informations transmises par le système de vision 8 et par le système de détection complémentaire 12 ;
- un module logiciel 16 permettant le pilotage du bras robotisé 9 et du préhenseur 10, suivant les informations fournies par le module logiciel 15 ;
- des goulottes d'éjection 17, par exemple supportées par le châssis 18 soutenant la bande transporteuse 2, chacune d'elles aboutissant dans l'un des réceptacles de stockage 4 des objets triés.

Selon une autre disposition caractéristique de l'invention, la machine est pourvue d'une pluralité de capteurs complémentaires 12, permettant l'identification automatique des objets par confrontation des informations fournies par au moins l'un d'entre eux avec celles fournies par le système d'identification visuelle 8, déclenchés en fonction des besoins, et pris en compte selon des priorités prédéfinies.

Dans ce cas, selon le procédé de l'invention, c'est le dispositif de vision artificielle qui pré-sélectionne, suivant la nécessité, la portion de l'objet où doit s'effectuer la mesure du ou des capteurs complémentaires. Cette caractéristique permet :

- a) d'accroître la qualité de détection (par exemple en évitant les étiquettes) ;
- b) de mobiliser les capteurs complémentaires pendant une fraction de temps moins importante, ce qui permet un multiplexage sur plusieurs cellules.

Selon une disposition caractéristique intéressante de l'invention, le système de détection complémentaire 12 est embarqué à l'intérieur du préhenseur 10 du bras robotisé 9, de façon à suivre tous les mouvements dudit bras et à permettre de définir la nature des objets, dès leur saisie.

Suivant le mode d'exécution avantageux représenté aux figures 3 et 4, le système de détection complémentaire 12, comprend deux capteurs spécifiques, soit :

- un capteur inductif 12A réagissant en présence de métal et permettant la détection des objets métalliques (ferreux et non ferreux) ;
- un capteur de chocs 12B permettant la détection des objets massifs (verre, faïence, objets métalliques de forte épaisseur, etc.) ; ce capteur est constitué par un accéléromètre, connu en soi, émettant des signaux proportionnels à l'accélération de l'objet sur lequel il est posé, cet accéléromètre permettant, dans l'application à la présente invention, l'évaluation de la dureté des objets saisis, comme expliqué dans la suite du présent exposé.

Le capteur inductif 12A et le capteur de chocs 12B sont placés aux extrémités opposées d'un support de forme allongée, par exemple constitué par une tige tubulaire 19 traversant un guide 20 installé fixement à l'intérieur du tube rigide constituant le préhenseur 10. Le capteur inductif 12A est disposé à l'extrémité avant de la tige 19, tandis que le capteur de chocs 12B est disposé à l'extrémité arrière de cette dernière. Les capteurs 12A et 12B constituent avec la tige 19, un ensemble ou équipement mobile monté avec une aptitude de déplacement axial dans le préhenseur 10.

Un moyen tend à pousser, en permanence, l'ensemble mobile 12A-12B-19 en direction de l'extrémité active du préhenseur 10. Ce moyen est, par exemple, constitué par un ressort 21 agissant en compression et calé, par l'intermédiaire de ses extrémités opposées, d'une part, contre un renflement que présente la partie antérieure de la tige 19, et, d'autre part, contre l'extrémité avant du guide 20. Une butée mécanique 22 permet d'arrêter l'ensemble mobile dans sa position extrême d'avancement (figure 3).

La butée mécanique 22 est fixée sur la partie postérieure de la tige 19 de l'ensemble mobile. Elle est conformede façon à protéger le capteur de chocs 12B et elle s'étend en avant de ce dernier. En position d'avancement extrême de l'ensemble mobile, elle bute contre l'extrémité postérieure du guide 20.

Les câbles 23 issus du capteur inductif 12A et du capteur de chocs 12B traversent la tige 19, pour sortir, ensemble, à travers une pièce d'étanchéité 24 équipant l'extrémité postérieure de ladite tige.

Les signaux émis par les capteurs 12A et 12B sont transmis à des moyens de mise en forme connus en soi, permettant de les rendre exploitables par un système d'identification.

L'accéléromètre 12B monté sur l'ensemble mobile 12A-12B-19 transmet la valeur de l'accélération subie par ledit ensemble mobile à une carte électronique de conversion. Cette carte transforme le signal d'entrée analogique issu de l'accéléromètre en signal de sortie binaire ou analogique exploitable par le système d'identification. Ce signal de sortie a pour valeur 0 (ou 1) lorsque le signal d'entrée est faible et pour valeur 1 (ou 0 respectivement), lorsque le signal d'entrée est fort. La carte électronique comporte un système permettant de

régler la valeur minimum du signal d'entrée donnant un signal de sortie égal à 1.

On décrit ci-après le procédé de tri et le fonctionnement de la machine selon l'invention, en considérant une installation de tri comportant une pluralité de postes de tri robotisés.

Les produits à trier sont déversés en vrac dans la trémie de l'alimentateur 1 et amenés, par le tapis de déchargement la de ce dernier, sur la partie extrême amont de la bande transporteuse 2 en mouvement. Le module de supervision 5 lance le cycle simultanément pour tous les postes de tri robotisés de la machine.

Les acquisitions d'image sont prises à intervalles réguliers, jusqu'à ce que le système de vision 8, piloté par le module logiciel 15, signale la présence d'un objet, le localise, et détermine si cet objet est à saisir. Si l'objet est à saisir, la position de son centre de gravité (X, Y) dans le champ de vision, ainsi que la position de la bande transporteuse 2 lors de l'acquisition d'images sont fournies par le module logiciel 15 au module logiciel 16. Le module logiciel 16 donne alors au bras robotisé 9, l'ordre d'effectuer le cycle de tri. Si l'objet ne doit pas être saisi, il poursuit son trajet sur la bande transporteuse 2, jusqu'au poste de tri robotisé suivant ou, selon le cas, jusqu'au réceptacle de rebut 4a.

Le cycle de tri se décompose de la manière suivante : le bras robotisé 9 se déploie, son extrémité de préhension s'oriente vers le centre de gravité de l'objet repéré et son préhenseur 10 est activé (par exemple par la mise en marche de l'aspiration). Il s'avance vers l'objet, en vue de le saisir. Si l'objet est en mouvement, le bras est piloté par le module logiciel 16, de manière à anticiper sur la position dudit objet lors de l'accostage, en fonction de la vitesse de déplacement de la bande transporteuse. Il s'arrête, soit en bout de course, soit lorsque les capteurs de contrôle 11 signalent la présence de l'objet ou d'un obstacle. Les capteurs 11 permettent de déterminer si le bras a bien pris un objet ou rencontré un obstacle. S'il s'agit bien d'un objet, il le saisit par l'intermédiaire de son préhenseur 10, puis active le ou les capteurs d'analyse 12 pour déterminer le matériau dont il est constitué.

Lors de la saisie, l'extrémité antérieure de l'ensemble mobile 12A-12B-19 logé dans le préhenseur 10 entre en contact avec l'objet E (figure 3).

Sous l'action de la dépression régnant dans le préhenseur 10, l'objet E est aspiré et entraîné vers l'arrière, en comprimant l'extrémité souple 10A dudit préhenseur et en provoquant le recul de l'ensemble mobile 12A-12B-19.

Le capteur inductif est analysé en permanence par le système d'identification.

Dès le contact avec un objet métallique, le capteur inductif 12A signale la présence de métal.

Au moment du contact entre l'objet E et l'ensemble mobile 12A-12B-19, ce dernier subit une accélération due au mouvement relatif dudit objet par rapport au préhenseur. La valeur maximum de l'accélération instantanée

dépend en grande partie de la nature de l'objet. En effet :

- dans le cas d'objets massifs non déformables ou peu déformables, l'énergie de l'objet est intégralement transmise à l'ensemble mobile qui subit une accélération instantanée importante ;
- par contre, pour les objets légers déformables (en plastique par exemple), la déformation de l'objet, sous l'action du ressort 21, absorbe une partie de l'énergie dudit objet ; l'ensemble mobile 12A-12B-19 subit donc une accélération instantanée faible.

Comme indiqué précédemment, le capteur de chocs 12B transmet la valeur de l'accélération subie par l'ensemble mobile, à une carte électronique de conversion.

En fonction du matériau identifié, le bras s'oriente et se déplace au-dessus de la goulotte 17 aboutissant au réceptacle particulier 4 destiné à la réception des objets réalisés dans ce matériau. La dépose de l'objet retiré du flux planaire, dans la goulotte appropriée 17, peut se faire par simple relâchement dudit objet. Cette dépose peut aussi être avantageusement réalisée par soufflage par le préhenseur 10. La dépose par soufflage a pour avantage de ne pas nécessiter de mouvement d'approche du bras en direction de la zone de dépose dans la goulotte 17, ni, par conséquent, de mouvement de recul, ce qui permet ainsi d'obtenir un gain de temps dans le cycle. Comme le montre la figure 2, la disposition des goulottes 17 peut être optimisée pour éviter toute extension du bras robotisé avant la dépose.

Lorsque le bras robotisé n'a pas pris d'objet à la suite de son déploiement, il revient en position de repos fixe replié. Il attend, du module logiciel de pilotage 16, l'ordre d'enchaîner sur l'objet suivant, soit à partir de cette position de repos, soit à partir de sa position de dépose.

Pendant la saisie d'un objet, et sa dépose dans le réceptacle de tri 4 approprié, par le bras robotisé 9, une nouvelle acquisition d'image est effectuée par le système de vision 8. Cette image est traitée par le module logiciel de traitement 15, en temps masqué, avec le cycle du bras robotisé 9, c'est-à-dire pendant que l'objet saisi est transporté vers la goulotte 17 appropriée. Dès la dépose de l'objet en cours de transport vers la goulotte, le module logiciel de pilotage 16 est ainsi en mesure de donner un nouvel ordre de tri au bras robotisé 9.

Lorsque la bande transporteuse 2 se déplace de manière intermittente, la localisation, l'identification et la saisie des objets E sont opérées pendant les périodes d'arrêt de ladite bande, ce qui facilite et simplifie l'accostage des objets, comme on l'a précédemment souligné.

Comme indiqué précédemment, la machine ou installation de tri peut comporter plusieurs bras robotisés 9 placés en série les uns à la suite des autres, le long de la bande transporteuse, ce qui confère plusieurs avantages complémentaires dans la configuration de l'installation.

Il est possible d'adapter le nombre des bras roboti-



sés 9 au débit souhaité, de façon assez progressive. Si, par exemple, une installation utilise cinq bras robotisés pour une capacité de 100 %, une capacité de 120 % ne nécessite que l'adjonction d'un sixième bras robotisé. Les postes de tri robotisé peuvent ainsi être réalisés sous forme de modules pouvant s'ajouter les uns à la suite des autres.

En cas de défaillance momentanée d'un bras robotisé, l'installation continue à fonctionner, mais à capacité réduite.

On peut éventuellement spécialiser plus ou moins les bras robotisés, en fonction des types de déchets, ou des catégories d'objets, chaque poste de tri étant alors affecté à la reconnaissance et à l'enlèvement des objets appartenant à une catégorie spécifique d'objets (par exemple, bouteilles en PVC) et étant programmé en conséquence. Par exemple, cinq bras robotisés 9 associés, chacun, à 4 goulottes d'évacuation 17, permettent jusqu'à vingt catégories de sortie, nombre très élevé compte tenu de l'encombrement de l'installation. Cette spécialisation peut être dynamique, c'est-à-dire dépendre de la composition moyenne constatée ou connue à l'avance d'un lot de déchets donnés.

On peut faire partager, par plusieurs postes de tri, les unités d'acquisition/traitement des capteurs 12, pour réduire sensiblement les coûts, l'analyse effectuée par ces capteurs ne prenant qu'une faible fraction du cycle de travail (typiquement moins de 50 ms), et la présélection effectuée par l'ensemble robot-caméra évitant de faire travailler ces capteurs pendant la totalité de la durée du cycle.

Autrement dit, lorsque l'un des capteurs du système de détection complémentaire 12, est constitué par un capteur d'analyse spectroscopique, il peut être implanté de façon à pouvoir effectuer, par une technique de multiplexage, des mesures sur plusieurs cellules robotisées.

## Revendications

1. Machine à flux planaire pour le tri automatique d'objets divers tels que, par exemple, des déchets d'emballages ménagers, comportant des moyens de transport (2) permettant d'acheminer lesdits objets (E) d'un poste d'alimentation où ces derniers sont déversés en vrac, jusqu'à au moins un poste de tri robotisé (3), où ils sont répartis dans des réceptacles appropriés(4), caractérisée en ce que le poste de tri robotisé (3) comprend :

- au moins un bras de robot (9) muni d'un organe de préhension (10) ;
- un système de vision artificielle (8) permettant la localisation des objets déposés sur les moyens de transport (2) et la reconnaissance partielle de leur nature ;
- au moins un système de détection complémentaire (12) comprenant au moins un capteur

(12A, 12B) permettant de compléter l'identification des objets par la reconnaissance de leur matériau constitutif ;

- des moyens (15) de traitement des informations de localisation et d'identification fournies par le système de vision (8) et par le système de détection complémentaire (12) et des moyens (16) permettant le pilotage du bras robotisé (9) assurant l'extraction sélective des objets localisés et identifiés, et leur dépose dans un réceptacle approprié (4).

2. Machine de tri automatique selon la revendication 1, caractérisée en ce que le bras de robot (9) est constitué par un bras robotisé articulé, à géométrie variable et à coordonnées sphériques (deux rotations concourantes et une translation vers l'objet à saisir) possédant un système de vision (8) en son centre.

3. Machine de tri automatique selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisée en ce que les moyens de traitement des informations de localisation et d'identification (15) comprennent un ordinateur pourvu d'un logiciel capable de localiser les objets, de reconnaître leurs caractéristiques visuelles, et surtout, de réaliser toutes ces opérations sur des objets mal individualisés, c'est-à-dire se trouvant en contact les uns avec les autres.

4. Machine de tri automatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce qu'elle comporte un ordinateur permettant le pilotage du bras robotisé (9 - 10) par l'intermédiaire d'un logiciel (16) de traitement des informations fournies par le logiciel de localisation et d'identification (15).

5. Machine de tri automatique suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que le système de détection complémentaire (12) comprend une pluralité de capteurs (12A, 12B) permettant l'identification automatique des objets par confrontation des informations fournies par au moins l'un d'entre eux, avec les informations fournies par le système de vision artificielle (8).

6. Machine de tri automatique suivant l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisée en ce qu'elle comprend au moins un capteur (11) permettant de contrôler la saisie correcte des objets par le préhenseur (10) du bras robotisé (9).

7. Machine de tri automatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que le préhenseur (10) du bras robotisé (9) est constitué par un dispositif pneumatique permettant de saisir un objet (E) par aspiration et de l'éjecter par soufflage dans un réceptacle (4) approprié à la nature



dudit objet.

8. Machine de tri automatique suivant l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisée en ce que le système de détection complémentaire (12) est logé à l'intérieur du préhenseur (10) du bras robotisé, de façon à permettre de connaître la nature des objets saisis (E) dès leur entrée en contact avec l'extrémité active (10a) du préhenseur (10).

9. Machine de tri automatique selon la revendication 8, caractérisée en ce que le système de détection complémentaire (12) embarqué à l'intérieur du préhenseur (10) comprend : - un capteur inductif (12A) pour la reconnaissance des objets métalliques ; - un capteur de chocs ou accéléromètre (12B) pour l'évaluation de la dureté de l'objet ; - ledit système comprenant encore des moyens de mise en forme des signaux issus des capteurs (12A, 12B) pour les rendre exploitables par un système d'identification.

10. Machine de tri automatique suivant la revendication 9, caractérisée en ce que le capteur inductif (12A) et le capteur de chocs (12B) sont disposés, respectivement, à l'extrémité avant et dans la partie postérieure d'un support de forme allongée (19) mobile axialement, un moyen, par exemple constitué par un ressort (21) agissant en compression, tendant à pousser en permanence, l'ensemble mobile (12A, 12B, 19) vers l'extrémité active (10a) du préhenseur (10).

11. Machine de tri automatique suivant l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisée en ce qu'elle comprend des moyens permettant le déplacement de la bande transporteuse (2) soit à vitesse constante, soit à vitesse variable contrôlée, soit de manière intermittente.

12. Machine de tri automatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisée en ce que la bande transporteuse (2) sur laquelle circulent les objets à trier (E) est asservie au fonctionnement du bras robotisé, par un système d'asservissement connu en soi.

13. Machine de tri automatique, suivant l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisée en ce qu'elle comprend plusieurs postes de tri robotisés (3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f,...) installés les uns à la suite des autres sur une même bande de tri (2), de façon à pouvoir s'adapter à des débits variables ou à permettre de spécialiser chaque poste de tri à l'identification et à l'enlèvement des objets appartenant à une catégorie spécifique.

14. Machine de tri automatique suivant l'une quelconque des revendications 1 ou 13, caractérisée en ce

que chaque poste de tri comprend un portique (7) enjambant la bande transporteuse (2) constituant le moyen de transport des objets (E) à trier, et en ce que le système de vision (8) et le bras robotisé (9) sont portés par la poutre horizontale (7a) de ce portique (7).

15. Machine de tri automatique, selon l'une des revendications 13 ou 14, caractérisée en ce qu'elle comporte un ou plusieurs capteurs complémentaires (12) implantés de façon à pouvoir effectuer, par une technique de multiplexage, des mesures sur l'ensemble des cellules robotisées (3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f) de ladite machine.

16. Procédé pour le tri automatique d'objets divers tels que, par exemple, des déchets d'emballages ménagers, caractérisé par les étapes suivantes :

- déversement des objets (E), en vrac, sur une bande transporteuse (2) et acheminement desdits objets jusqu'à au moins un poste de tri robotisé (3) comprenant un système de vision artificielle (8), au moins un système de détection complémentaire (12) comprenant au moins un capteur (12A, 12B) et un bras robotisé (9) ;
- localisation et identification partielle des objets par le système de vision artificielle (8) ;
- identification complémentaire des objets par un ou des capteurs (12A, 12B) du système de détection complémentaire (12) ;
- analyse des informations de localisation et d'identification fournies par le système de vision artificielle (8) et par le ou les capteurs (12A, 12B) du système de détection complémentaire (12), par un premier système de traitement d'information (15) ;
- pilotage du bras robotisé (9) effectuant la saisie d'un objet localisé et identifié et sa dépose dans un réceptacle (4) approprié, par un deuxième système de traitement d'informations (16) à partir des données transmises par le premier système d'informations (15).

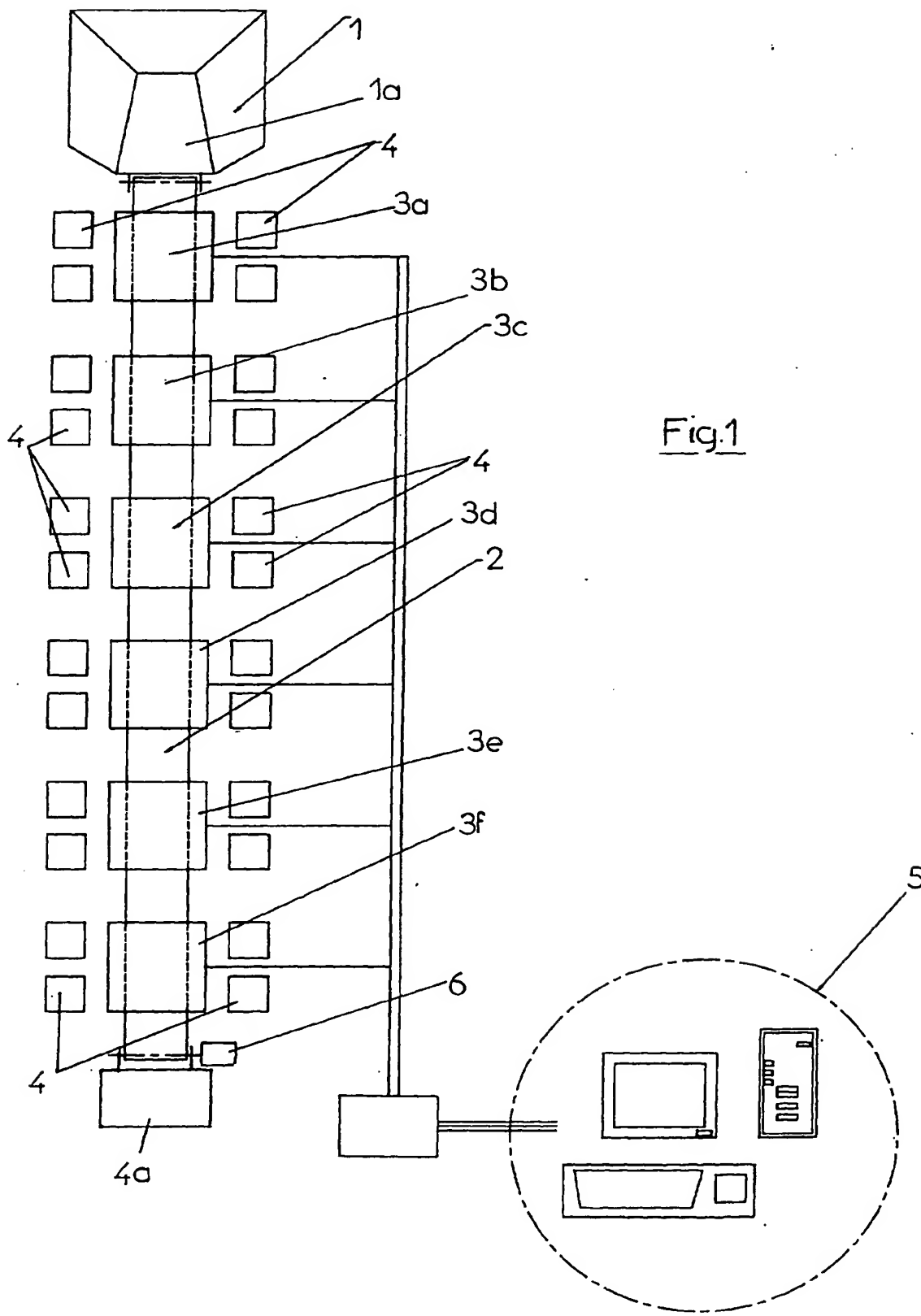
17. Procédé de tri automatique selon la revendication 16, caractérisé en ce que le système de détection complémentaire (12) est embarqué dans le préhenseur (10) du bras robotisé (9) sous forme d'un ensemble mobile (12A, 12B, 19) disposé de façon à entrer en contact avec les objets (E) lors de la saisie de ces derniers, de sorte que le ou les capteurs (12A, 12B) dudit système de détection est ou sont activé(s) et que la nature d'un objet (E) se trouve définie, dès l'entrée en contact dudit ensemble mobile avec ledit objet.

18. Procédé de tri automatique, suivant l'une des revendications 16 ou 17, caractérisé en ce que l'identifi-

cation d'un objet localisé, est réalisée en partie, pendant la dépose de l'objet précédemment saisi et identifié, dans le réceptacle (4) de tri approprié.

res prises sur plusieurs cellules robotisées (3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f) sont transmises, par multiplexage, à un ou plusieurs capteurs complémentaires (12).

19. Procédé de tri automatique selon l'une quelconque des revendications 16 à 18, caractérisé en ce que l'identification automatique des objets est réalisée par confrontation des informations fournies par plusieurs capteurs, déclenchés en fonction des besoins, et pris en compte selon des priorités prédéfinies. 5 10
20. Procédé de tri automatique suivant la revendication 19, caractérisé en ce que l'on effectue, par l'intermédiaire de la vision artificielle (8) et selon la nécessité, une présélection de la portion des objets (E) où doit s'effectuer la mesure du ou des capteurs complémentaires (12). 15
21. Procédé de tri automatique, selon l'une quelconque des revendications 16 à 20, caractérisé en ce que la bande transporteuse (2) est déplacée, durant l'exécution du tri, soit à vitesse constante, soit à vitesse variable contrôlée. 20 25
22. Procédé de tri automatique selon l'une quelconque des revendications 16 à 20, caractérisé en ce que la bande transporteuse (2) recevant les objets à trier est mise en mouvement, de façon intermittente, et en ce que le repérage, l'identification et la saisie des objets sont opérés pendant les périodes d'arrêt de ladite bande. 30
23. Procédé de tri automatique suivant la revendication 21 caractérisé en ce que l'on asservit la vitesse de déplacement de la bande transporteuse (2) au fonctionnement du bras robotisé (9 - 10). 35
24. Procédé de tri automatique, selon l'une quelconque des revendications 16 à 23, caractérisé en ce que les objets (E) localisés et identifiés sont saisis par le bras robotisé (9 - 10), par aspiration, et sont ensuite éjectés dans les réceptacles appropriés (4), par soufflage. 40 45
25. Procédé de tri automatique, suivant l'une quelconque des revendications 16 à 24, caractérisé en ce que l'on dispose plusieurs postes de tri robotisés (3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f), les uns à la suite des autres. 50
26. Procédé de tri automatique, selon la revendication 25, caractérisé en ce que chaque poste de tri robotisé (3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f) est programmé pour effectuer la reconnaissance et le triage des objets appartenant à une catégorie spécifique d'objets. 55
27. Procédé de tri automatique, suivant l'une des revendications 25 ou 26, caractérisé en ce que les mesu-



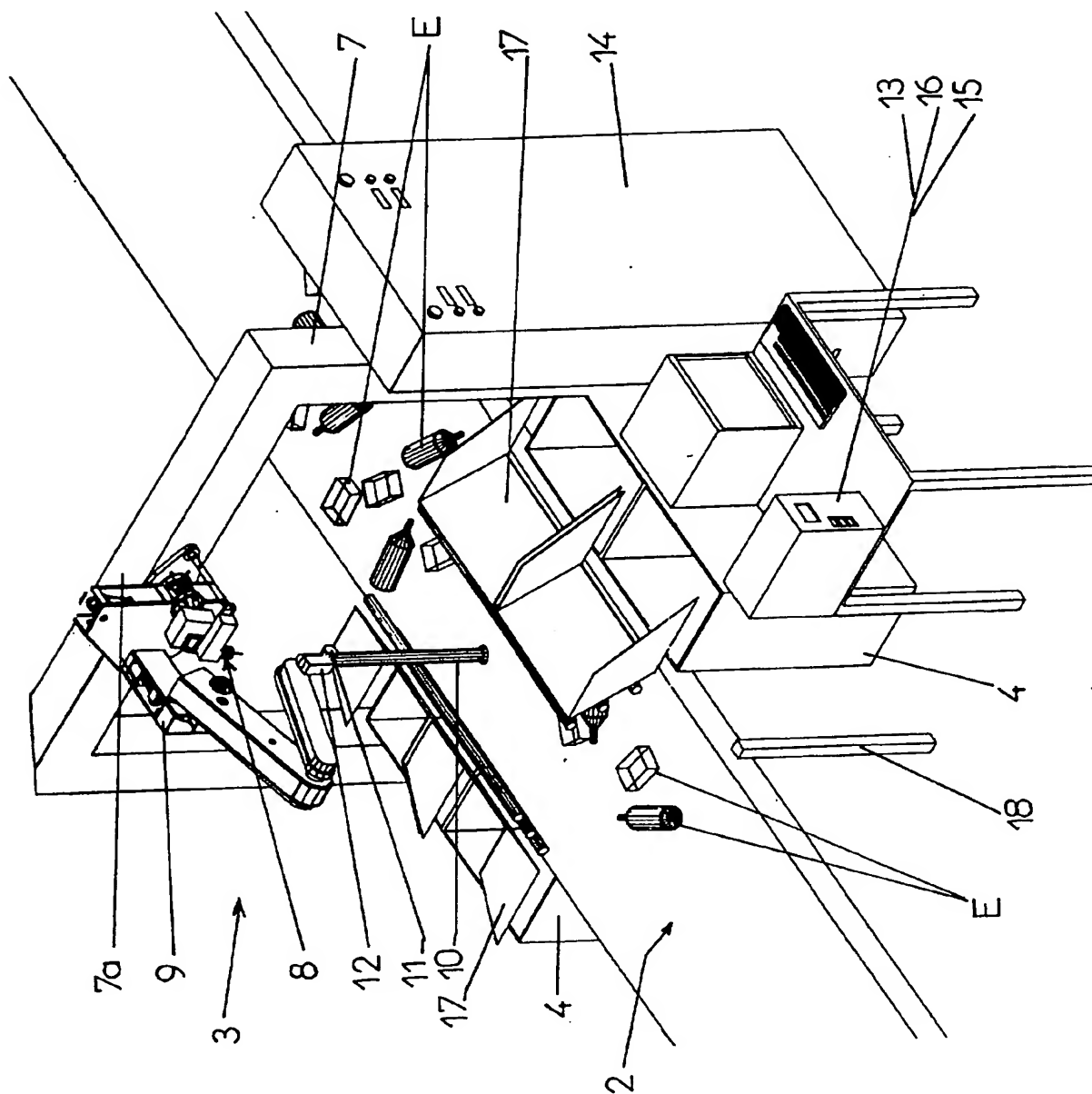
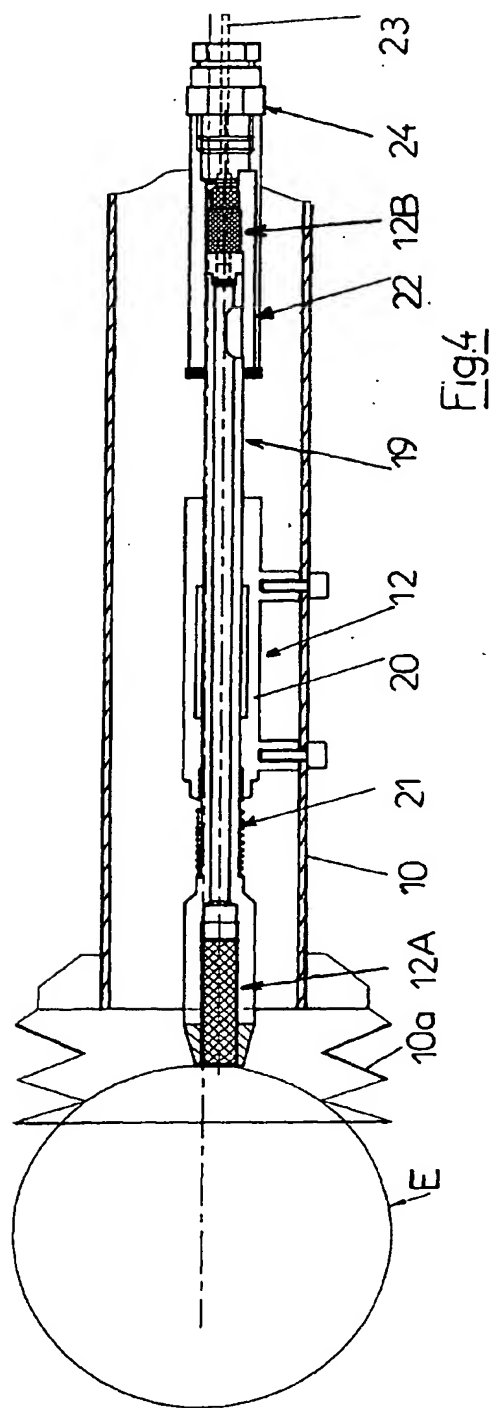
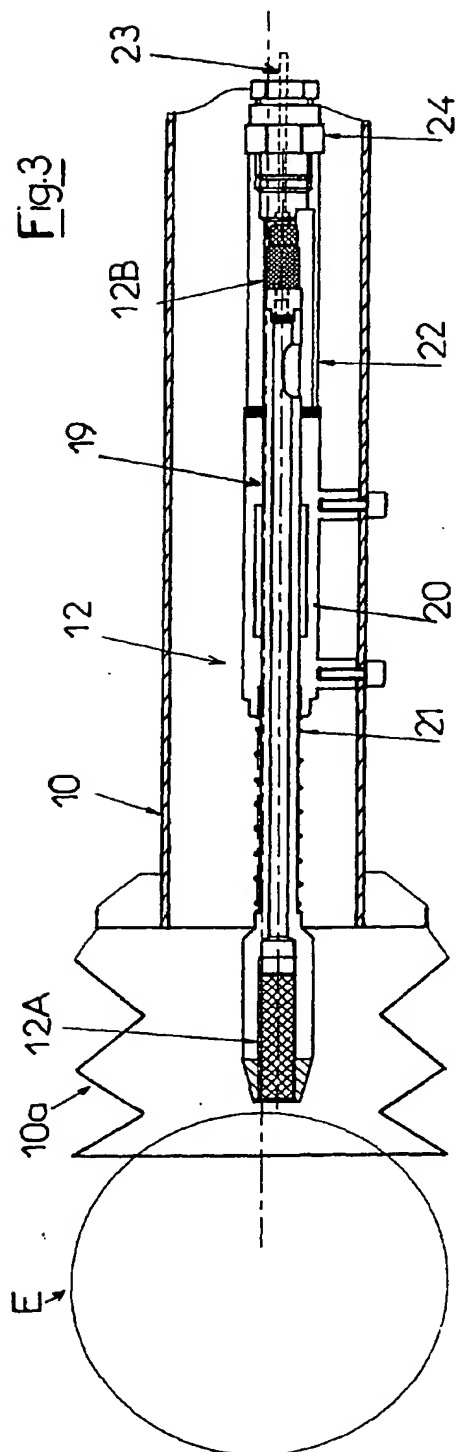


Fig.2





Office européen  
des brevets

## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande  
EP 95 43 0008

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.6)
A	WO-A-91 11885 (TECHNISTAR)  * abrégé * * page 4, alinéa 3 - page 5, alinéa 2; figure 1 * ---	1, 3, 4, 6, 7, 12, 13, 16, 18, 23-25	B07C5/342
A	US-A-5 193 685 (TREVITHICK)  * abrégé; figure 1 * ---	1, 7, 13, 16, 24-26	
A	US-A-4 869 813 (BAILEY ET AL) * abrégé; figure 1 * -----	1, 16	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
			B07C
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 30 Janvier 1996	Examineur Forlen, G
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ----- & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 150 (3.81) (P04C02)